



⑩ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 29 292 A 1**

⑩ Int. Cl. 7:
F01N 9/00
F 02 D 41/30

⑩ Aktenzeichen: 199 29 292.2
⑩ Anmeldetag: 25. 6. 1999
⑩ Offenlegungstag: 28. 12. 2000

DE 199 29 292 A 1

⑦ Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑦ Erfinder:
Pott, Ekkehard, 38618 Gifhorn, DE

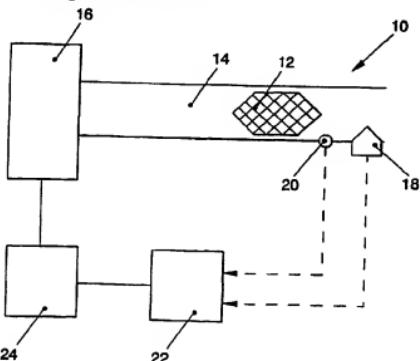
⑩ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 694 05 929 T2
DE 690 25 345 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑩ Verfahren zur Steuerung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine

⑩ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Verbrennungskraftmaschine Mittel zugeordnet werden, die in Abhängigkeit von einer berechneten oder gemessenen Katalysatortemperatur wenigstens eines in einem Abgaskanal angeordneten Speicherkatalysators wenigstens einen Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine zur Erstellung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine zumindest temporär beeinflussen. Es ist vorgesehen, daß
(a) der Speicherkatalysator (12) entsprechend einer vorgebaren Matrix in einer Anzahl von Katalysatorzellen aufgeteilt wird;
(b) eine Zellentemperatur für jede Katalysatorzelle ermittelt wird und
(c) der Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine (16) in Abhängigkeit von der Zellentemperatur von wenigstens einer vorgebaren Katalysatorzelle bestimmt wird.



DE 199 29 292 A 1

Beschreibung

Die Erlindung betrifft ein Verfahren zur Sicherung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Zur Steuerung eines Arbeitsmodus einer Verbrennungskraftmaschine ist bekannt, der Verbrennungskraftmaschine Mittel zuordnen, die durch eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine eine Einstellung des Arbeitsmodus erlauben. Ferner ist bekannt, ein Abgas der Verbrennungskraftmaschine durch geeignete Katalysatoren, die in einem Abgaskanal angeordnet sind, zu reinigen. Derartige Katalysatoren umfassen unter anderem NO_x -Speicherkatalysatoren.

Während eines Verbrennungsvorganges eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Verbrennungskraftmaschine entstehen in wechselnden Anteilen gasförmige Schadstoffe, die einerseits als Reduktionsmittel und andererseits als Oxidationsmittel wirken können. Reduktionsmittel, wie CO , HC oder H_2 , entstehen in einem vermehrten Maße unter Bedingungen, in denen ein Verhältnis von Sauerstoff zu einem Kraftstoff unterstochiometrisch oder stöchiometrisch ist ($\lambda \leq 1$; Regenerationsbetrieb). Überwiegt dagegen der Sauerstoff im Luft-Kraftstoff-Gemisch, so befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in einem Magerbetrieb ($\lambda > 1$), und ein Anteil der Reduktionsmittel am Abgas sinkt. In einem dynamischen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine ist es meist dennoch möglich, die Reduktionsmittel in dem Katalysator in einem ausreichenden Maße mit Sauerstoff zu oxidieren.

Während eines Verbrennungsvorganges werden daneben auch Oxidationsmittel, wie NO_x und SO_x , gebildet. Diese werden an dem Speicherkatalysator im Regenerationsbetrieb durch die Reduktionsmittel reduziert. In einem Magerbetrieb ist dies nicht mehr in ausreichendem Maße möglich, jedoch werden unter solchen Bedingungen die Oxidationsmittel im dem Speicherkatalysator eingelagert. Eine NO_x -Absorption findet dabei solange statt, bis eine NO_x -Desorptionstemperatur erreicht oder eine NO_x -Speicherfähigkeit des Speicherkatalysators erschöpft ist. Vor diesem Zeitpunkt muß dennoch ein Wechsel in den Regenerationsbetrieb stattfinden, um eine NO_x -Emission stromab des Speicherkatalysators zu vermindern.

Dazu ist es bekannt, den Arbeitsmodus in Abhängigkeit von einer mittleren Katalysatortemperatur zu steuern. Die Katalysatortemperatur kann dabei beispielsweise über zusätzlich in den Abgaskanal eingebrachte Sensoren erfaßt werden oder aber auch in bekannter Weise über geeignete Modelle berechnet werden. Überschreitet dabei die Katalysatortemperatur eine vorgegebene Schwellentemperatur, so wird ein Wechsel in den Regenerationsbetrieb initiiert, um eine NO_x -Desorption ohne gleichzeitige Reduktion zu verhindern. Auf der anderen Seite muß der Speicherkatalysator, um eine ausreichende NO_x -Speicherfähigkeit zu gewährleisten, auf eine Mindestbetriebstemperatur aufgeheizt werden. So ist bekannt, die Verbrennungskraftmaschine bis zum Erreichen einer vorgebaren Mindesttemperatur im Regenerationsbetrieb zu betreiben. Dabei ist eine Abgastemperatur in einem solchen Betrieb im allgemeinen höher als im Magerbetrieb. Allerdings muß dabei ein Kraftstoffmehrverbrauch in Kauf genommen werden. Zur Minderung des Kraftstoffverbrauches ist es daher notwendig, eine Dauer des Regenerationsbetriebes möglichst gering zu halten.

Bekannt ist ferner, den Speicherkatalysator je nach Notwendigkeit in bestimmten Abständen zu entschwefeln (SO_x -Regeneration). Auch hierzu wird der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine eingestellt. Zur Entschwefelung

felung ist jedoch eine wesentlich höhere Mindestschwefelungstemperatur notwendig. In dem bisherigen Verfahren wird auch hier lediglich eine gemittelte Mindestschwefelungstemperatur zugrundegelegt, ab der der Wechsel in den Regenerationsbetrieb erfolgt. Gegebenenfalls kann es jedoch sinnvoll sein, die Entschwefelung bereits einzuleiten, wenn nur einzelne Bereiche des Speicherkatalysators die Mindestschwefelungstemperatur überschritten haben.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren 10 zu Verfügung zu stellen, das in besonderer einfacher und flexibler Weise erlaubt, einen inhomogenen Temperaturverlauf innerhalb des Speicherkatalysators bei der Steuerung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine zu berücksichtigen. Damit einhergehend soll der Kraftstoffverbrauch 15 gemindert werden.

Erfundungsgemäß wird diese Aufgabe durch das Verfahren 20 zur Steuerung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, daß

- 25 (a) der Speicherkatalysator entsprechend einer vorgebaren Matrix in einer Anzahl von Katalysatorzellen aufgeteilt wird;
- (b) eine Zellentemperatur für jede Katalysatorzelle ermittelt wird und
- (c) der Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine in Abhängigkeit von der Zellentemperatur von wenigstens einer vorgebaren Katalysatorzelle bestimmt wird,

30 ist es möglich, den Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine einem tatsächlichen Katalysatorzustand anzupassen.

In bevorzugter Weise wird dabei der Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine mit $\lambda > 1$ eingestellt, wenn in 35 wenigstens einer Katalysatorzelle die Zellentemperatur zwischen einer vorgebaren unteren Grenztemperatur und einer vorgebaren oberen Grenztemperatur liegt. Dabei ist die untere Grenztemperatur derart gewählt, daß die Mindestbetriebstemperatur überschritten wird und eine insgesamt ausreichende NO_x -Speicherfähigkeit des Speicherkatalysators besteht. Die obere Grenztemperatur liegt unterhalb der NO_x -Desorptionstemperatur. Der Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine kann daher noch aufrechterhalten werden, wenn die mittlere Katalysatortemperatur bereits die obere Grenztemperatur überschritten hat, aber noch wenigstens eine Katalysatorzelle unterhalb der vorgebaren oberen Grenztemperatur liegt, und die Verbrennungskraftmaschine kann bereits nach dem Überschreiten der Mindestbetriebstemperatur in wenigstens einer Katalysatorzelle in den Magerbetrieb geschaltet werden, auch wenn die mittlere Katalysatortemperatur unterhalb der Mindestbetriebstemperatur liegt.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, in Abhängigkeit von dem NO_x - und SO_x -Beladungszustand und der Zellentemperatur die NO_x -Speicherfähigkeit für jede Katalysatorzelle zu ermitteln. Die NO_x -Speicherfähigkeit kann als ein weiteres Kriterium für eine Aufrechterhaltung des Magerbetriebes herangezogen werden. Dazu ist es zum einen denkbar, einen Schwellenwert für die NO_x -Speicherfähigkeit vorzugeben 55 und beim Überschreiten des Schwellenwertes den Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine aufzunehmen. Zum anderen kann eine kumulierte NO_x -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine über einen vorgebaren Zeitraum sowie die NO_x -Desorption jeder Katalysatorzelle 60 über den gleichen Zeitraum berechnet werden. Anschließend kann in Abhängigkeit von der NO_x -Speicherfähigkeit, der NO_x -Desorption und einer räumlichen Lage jeder Katalysatorzelle sowie der kumulierten NO_x -Rohemission eine

kumulierte NO_x -Emission stromab des Speicherkatalysators berechnet werden. Übersteigt die berechnete kumulierte NO_x -Emission einen vorgebaren Schwellenwert, so wird ebenfalls der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine eingestellt.

Vorteilhaft ist auch, beim Überschreiten der Zellentemperatur in wenigstens einer Katalysatorzelle über die Mindestentschwefelungstemperatur die Entschwefelung einzuleiten. Selbstverständlich kann dabei die Entschwefelung zusätzlich abhängig von einem vorgebaren Schwellenwert für den SO_x -Beladungszustand gemacht werden. Auf diese Weise ist es möglich, bereits vor dem Überschreiten einer mittleren Mindestentschwefelungstemperatur die Entschwefelung einzuleiten und so eine Aufheizphase zu verkürzen.

Eine Dauer der Aufheizphase zum Erreichen der Mindestentschwefelungstemperatur in weiter stromab gelegenen Katalysatorzellen kann dabei in Abhängigkeit von der Zellentemperatur weiter stromab gelegener Katalysatorzellen berechnet werden, da diese ihre Überschuwärme (Differenz aus der Zellentemperatur und der Mindestentschwefelungstemperatur) während der Entschwefelung stromab weiterleiten. Damit wird eine Entschwefelungsdauer verkürzt und ein entschwefelungsbedingter Mehrverbrauch gemindert.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die zur Hinteilung des Speicherkatalysators benötigte Matrix anhand eines Speicherkatalysatormodells für eine räumliche Erstreckung, einen Temperaturverlauf, einen Verlauf einer Regenerationsgeschwindigkeit, einen Verlauf der NO_x -Speicherfähigkeit, einen Verlauf des NO_x -, SO_x - oder O_2 -Beladungszustandes oder einer Kombination derselben festzulegen.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anordnung eines NO_x -Speicherkatalysators in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Aufteilung des Speicherkatalysators anhand einer Matrix;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verlaufes eines Lambdawertes während einer NO_x -Regeneration;

Fig. 4 eine schematische Darstellung des Verlaufes des Lambdawertes während einer Aufheizphase kurz nach Start der Verbrennungskraftmaschine;

Fig. 5 ein Flußdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfundungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine und

Fig. 6 ein Flußdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfundungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine während einer Entschwefelung.

Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung 10 mit einem NO_x -Speicherkatalysator 12 in einem Abgaskanal 14 einer Verbrennungskraftmaschine 16. Selbstverständlich ist die Anordnung 10 lediglich ein stark vereinfachtes Ausführungsbeispiel, und es können ebenso auch zusätzliche NO_x -Speicherkatalysatoren oder Vorkatalysatoren im Bereich des Abgaskanals 14 angeordnet werden. Derartige Anordnungen sind bekannt und sollen hier nicht näher erläutert werden.

In dem Abgaskanal werden zusätzlich Sensoren angeordnet, die einen Rückschluß auf einen aktuellen Katalysatorzustand erlauben, indem sie beispielsweise einen Gehalt einer Gaskomponente in einem Abgas oder eine Temperatur erfassen. In der Anordnung 10 sind dazu beispielhaft ein

Gassensor 18 und ein Temperatursensor 20 dargestellt, die stromab des NO_x -Speicherkatalysators 12 liegen. Die Sensoren 18, 20 liefern Signale, die innerhalb eines Motorsteuergerätes 22 ausgewertet werden können. Ferner sind der 5 Verhrennungskraftmaschine 16 Mittel 24 zugeordnet, die eine zumindest temporäre Beeinflussung wenigstens eines Betriebsparameters der Verbrennungskraftmaschine 16 ermöglichen. Auf diese Weise kann eine Abgastemperatur; ein Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine 16 und/oder 10 der Anteil der einzelnen Gaskomponenten im Abgas variiert werden. Eine derartige Beeinflussung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 ist bekannt und soll in diesem Zusammenhang nicht näher erläutert werden.

Während eines Verbrennungsverganges eines Luft-Kraft- 15 stoff-Gemisches in der Verbrennungskraftmaschine 16 entstehen in wechselnden Anteilen Reduktionsmittel, wie CO , HC und H_2 , und Oxidationsmittel, wie NO_x und SO_x . In einem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ (fette oder stöchiometrische Atmosphäre, Regenerationsbetrieb) überwiegt ein Kraftstoffanteil einer Sauerstoffanteil in dem Luft-Kraftstoff-Gemisch oder diese liegen in stöchiometrischen Verhältnissen vor. Infolgedessen werden in einem erhöhten Maße Reduktionsmittel gebildet. Wechselt der Arbeitsmodus in einem Bereich mit $\lambda > 1$ (mager Atmosphäre, Magerbetrieb), so sinkt der Anteil der Reduktionsmittel am Abgas. Im NO_x -Speicherkatalysator 12 werden die Reduktionsmittel mit Sauerstoff oxidiert. Damit ist eine Verminderung einer Reduktionsmittelemission in einem ausreichenden Maße immer dann möglich, wenn eine Sauerstoffkonzentration im NO_x -Speicherkatalysator 12 entsprechend hoch ist.

Die Oxidationsmittel werden dagegen in dem NO_x -Speicherkatalysator 12 durch die Reduktionsmittel umgesetzt. In einem ausreichenden Maße kann dies nur in einem Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ erfolgen. In magerer Atmosphäre wird das NO_x als Nitrat und das SO_x als Sulfat absorbiert und zwar so lange, bis eine NO_x -Desorptionstemperatur erreicht oder eine NO_x -Speicherfähigkeit erschöpft ist. Vor diesem Zeitpunkt muß demnach zumindest eine NO_x -Regeneration durchgeführt werden.

40 Aufgrund einer höheren SO_x -Desorptionstemperatur findet eine SO_x -Regeneration (Entschwefelung) im allgemeinen während der NO_x -Regeneration nicht statt. Insgesamt sind jedoch für eine Regeneration (NO_x - und SO_x -Regeneration) ein Arbeitsmodus mit $\lambda \leq 1$ und eine Regenerationstemperatur (in Abhängigkeit von der NO_x -beziehungsweise SO_x -Desorptionstemperatur) notwendig, die zusammengefaßt die Regenerationsparameter bilden. Eine Einstellung der Regenerationsparameter kann in bekannter Weise durch die Beeinflussung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 erfolgen. Ebenso ist bekannt, eine Regenerationsnotwendigkeit des NO_x -Speicherkatalysators 12 zu bestimmen. Dies soll in diesem Zusammenhang nicht näher erläutert werden.

In der Fig. 2 ist in schematischer Weise eine Aufteilung 55 des Speicherkatalysators 12 in eine beliebige Anzahl von Katalysatorzellen anhand einer vorgegebenen Matrix dargestellt. Die Matrix zur Aufteilung des Speicherkatalysators 12 in die Katalysatorzellen kann anhand eines Speicherkatalysatormodells festgelegt werden. Dieses Modell kann beispielsweise eine räumliche Erstreckung des Speicherkatalysators 12, einen Temperaturverlauf oder einen Verlauf einer Regenerationsgeschwindigkeit innerhalb des Speicherkatalysators 12 umfassen. Denkbar ist auch, einen Verlauf der NO_x -Speicherfähigkeit und einen Verlauf eines Beladungszustandes für NO_x , SO_x oder O_2 innerhalb des Speicherkatalysators 12 zu nutzen. Der Beladungszustand ist dabei ein Maß für eine absorbierte NO_x -, SO_x - oder O_2 -Masse einer Katalysatorzelle. Selbstverständlich ist es möglich, eine

Kombination der genannten Parameter in eine Berechnung der Matrix einfließen zu lassen. In dem dargestellten Beispiel ist der Speicherkatalysator 12 in insgesamt sechs Katalysatorzellen Z_1 bis Z_6 (Zonen) aufgeteilt worden, wobei die Zelle Z_1 an einer der Verbrennungskraftmaschine 16 zugehörigen Seite angeordnet ist.

Die Fig. 3 zeigt einen Verlauf des Lambdawertes während der Regeneration des Speicherkatalysators 12 (gestrichelte Linie). Zur Verdeutlichung ist auch ein Verlauf des Lambdawertes nach einem herkömmlichen Verfahren (durchgezogene Linie) dargestellt. Hierbei ist die Verbrennungskraftmaschine 16 zunächst für eine Phase t_{n1} im Magerbetrieb. Nach einem Überschreiten einer vorgegebenen Schwellentemperatur für die gemittelte Katalysatorzellein temperatur des Speicherkatalysators 12 wird in einer Phase t_{n1} der Regenerationsbetrieb eingestellt, und zwar mindestens solange, bis die Schwellentemperatur wieder unterschritten wird. Anschließend wird wieder in einer Phase t_{n2} der Magerbetrieb aufgenommen.

In dem erfundungsgemäßen Verfahren ist der Verlauf des Lambdawertes (gestrichelte Linie) deutlich abweichend. So kann der Regenerationsbetrieb in einer Phase t_{n1} zum einen später aufgenommen werden und zum anderen früher beendet werden. Zwar mag in den Magerphasen t_{n1} und t_{n2} die mittlere Katalysatorzelletemperatur zeitweise oberhalb der nach dem herkömmlichen Verfahren vorgegebenen Grenztemperatur liegen, jedoch kann die Temperatur in ausgewählten Katalysatorzellen (Zellentemperatur) noch niedrig genug sein, um eine ausreichende NO_x -Speicherfähigkeit zu gewährleisten. Art und Weise der Steuerung werden nachfolgend noch näher erläutert.

In der Fig. 4 ist ein Verlauf des Lambdawertes während einer Aufheizphase des Speicherkatalysators 12 dargestellt (gestrichelte Linie). Wiederum zeigt eine durchgezogene Linie den Verlauf des Lambdawertes nach einem herkömmlichen Verfahren. Um den Speicherkatalysator 12 kurz nach einem Start der Verbrennungskraftmaschine 16 auf eine notwendige Betriebstemperatur zu bringen, wird dieser zunächst für eine Phase t_{q2} mit einem feinen oder stöchiometrischen Abgas ($\lambda \leq 1$) beaufschlagt, da hier im allgemeinen die Abgastemperaturen deutlich erhöht sind. Der Regenerationsbetrieb wird solange aufrechterhalten, bis die mittlere Katalysatorzelletemperatur eine Mindesttemperatur überschritten hat. Dagegen wird im erfundungsgemäßen Verfahren eine Phase t_{q2} verkürzt, und ein Magerbetrieb kann bereits aufgenommen werden, wenn ausgewählte Katalysatorzellen die Mindesttemperatur überschritten haben.

In der Fig. 5 ist ein Flußdiagramm zur Steuerung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine 16 dargestellt. Zunächst wird in einem Schritt S1 der Speicherkatalysator 12 entsprechend der vorgebaren Matrix in eine beliebige Anzahl von Katalysatorzellen aufgeteilt. Nachfolgend wird in einem Schritt S2 die Zellentemperatur für jede Katalysatorzelle ermittelt. Die Zellentemperatur wird entweder direkt gemessen, beispielsweise über zusätzlich eingebrachte Temperatursensoren, oder sie wird anhand bekannter Modelle berechnet.

In einem Schritt S3 wird ermittelt, ob die Zellentemperatur in einer ausgewählten, von Abgasstrom und Lambda und NO_x -Rohemissionen abhängigen Anzahl von Katalysatorzellen zwischen einer vorgebaren unteren Grenztemperatur G_1 und einer vorgebaren oberen Grenztemperatur G_2 liegt. Die untere Grenztemperatur G_1 stellt dabei die Mindestbetriebstemperatur des Speicherkatalysators 12 dar, die notwendig ist, um überhaupt eine ausreichende NO_x -Speicherfähigkeit zu gewährleisten. Die obere Grenztemperatur G_2 ist derart gewählt, daß sie unterhalb der NO_x -Desorptionstemperatur liegt, damit NO_x -Emissionen

stromab des Speicherkatalysators 12 vermieden werden. Liegt die Zellentemperatur in den ausgewählten Katalysatorzellen unterhalb der unteren Grenztemperatur G_1 , so kann gegebenenfalls in einem Schritt S4 eine Heizzuläufnahme, beispielsweise durch Wechsel in Regenerationsbetrieb, initiiert werden. Liegt die Zellentemperatur in den ausgewählten Katalysatorzellen oberhalb der oberen Grenztemperatur G_2 , so kann gegebenenfalls in dem Schritt S4 eine Abkühlzuläufnahme durch eine Beeinflussung der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine 16 in bekannter Weise erfolgen.

In einem Schritt S5 wird die NO_x -Speicherfähigkeit ausgewählter Katalysatorzellen ermittelt. Dies kann wiederum anhand von bekannten Speicherkatalysatormodellen für den NO_x -, SO_x - oder O_2 -Beladungszustand durchgeführt werden. Erreicht die NO_x -Speicherfähigkeit nicht einen vorgebaren Schwellenwert S_1 (Schritt S6), so wird in einem Schritt S7 der Regenerationsbetrieb aufgenommen.

In einem Schritt S8 wird in Abhängigkeit von der NO_x -Speicherfähigkeit, der NO_x -Desorption und einer räumlichen Lage jeder Katalysatorzelle sowie einer NO_x -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine 16 in einem vorgegebenen Zeitraum eine kumulierte NO_x -Emission stromab des Speicherkatalysators berechnet. So müssen die in der Fig. 2 gezeigten Katalysatorzellen Z_1 bis Z_6 , die weiter stromab im Abgaskanal 14 angeordnet sind, gegebenenfalls neben der durch die Verbrennungskraftmaschine 16 erzeugten NO_x -Rohemission auch NO_x aufnehmen, das durch NO_x -Desorption in weiter vorne liegenden Katalysatorzellen (Z_1 bis Z_2) freigesetzt wird. Überschreitet die berechnete kumulierte NO_x -Emission stromab des Speicherkatalysators 12 einen vorgegebenen Schwellenwert S_2 , so wird wiederum der Regenerationsbetrieb (Schritt S7) aufgenommen. Ist dies nicht der Fall, so verbleibt die Verbrennungskraftmaschine 16 in dem Magerbetrieb beziehungsweise wird auf den Magerbetrieb eingegelenkt (Schritt S10).

Die Fig. 6 zeigt ein Flußdiagramm zur Steuerung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine 16 während der Entschwefelung. In den Schritten S1 und S2 wird – wie bereits erläutert – zunächst der Speicherkatalysator 12 in einzelne Katalysatorzellen aufgeteilt und die Zellentemperatur ausgewählter Katalysatorzellen erfaßt. Liegt die Zellentemperatur in den ausgewählten Katalysatorzellen unterhalb einer Mindestentschwefelungstemperatur (Schritt S11), so wird keine weitere Maßnahme ergriffen (Schritt S12). Ansonsten wird in einem Schritt S13 überprüft, ob der SO_x -Beladungszustand einen vorgebaren Schwellenwert S_3 überschreitet. Gegebenenfalls wird dann in einem Schritt S14 eine Dauer der Aufheizphase für die Entschwefelung festgelegt. Die Dauer der Aufheizphase zum Erreichen der Mindestentschwefelungstemperatur in weiter stromab gelegenen Katalysatorzellen (beispielsweise den Katalysatorzellen Z_4 bis Z_6 der Fig. 2) kann in Abhängigkeit von der Zellentemperatur weiter stromauf gelegener Katalysatorzellen (beispielsweise den Katalysatorzellen Z_1 bis Z_3 der Fig. 2) bestimmt werden. Neben einem Wärmefluß über das Abgas kann nämlich auch ein Wärmefluß innerhalb des Speicherkatalysators 12 zwischen den einzelnen Katalysatorzellen stattfinden. Im allgemeinen weisen die weiter stromauf liegenden Katalysatorzellen eine höhere Zellentemperatur auf. Insgesamt kann auf diese Weise die Regenerationsdauer während der Entschwefelung deutlich verkürzt werden. In einem Schritt S15 wird dann die Entschwefelung durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Arbeitsmodus einer

Verbrennungskraftmaschine, wobei der Verbrennungskraftmaschine Mittel zugeordnet werden, die in Abhängigkeit von einer berechneten oder gemessenen Katalysatortemperatur wenigstens eines in einem Abgaskanal angeordneten Speicherkatalysators wenigstens einen Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine zur Einstellung des Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine zumindest temporär beeinflussen, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) der Speicherkatalysator (12) entsprechend einer vorgebbaren Matrix in einer Anzahl von Katalysatorzellen aufgelegt wird;
- (b) eine Zellentemperatur für jede Katalysatorzelle ermittelt wird und
- (c) der Arbeitsmodus der Verbrennungskraftmaschine (16) in Abhängigkeit von der Zellentemperatur von wenigstens einer vorgebbaren Katalysatorzelle bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) mit $\lambda > 1$ eingestellt wird, wenn in wenigstens einer Katalysatorzelle die Zellentemperatur zwischen einer vorgebbaren unteren Grenztemperatur (G_1) und einer vorgebbaren oberen Grenztemperatur (G_2) liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) in Abhängigkeit von einem NO_x - und SO_x -Beladungszustand und der Zellentemperatur eine NO_x -Speicherfähigkeit für jede Katalysatorzelle ermittelt wird;
- (b) ein Schwellenwert (S_1) für die NO_x -Speicherfähigkeit vorgegeben wird und
- (c) beim Überschreiten des Schwellenwertes (S_1) ein Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) mit $\lambda \leq 1$ eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- (a) in Abhängigkeit von dem NO_x - und SO_x -Beladungszustand und der Zellentemperatur die NO_x -Speicherfähigkeit für jede Katalysatorzelle ermittelt wird;
- (b) für einen vorgebbaren Zeitraum eine kumulierte NO_x -Rohemission der Verbrennungskraftmaschine (16) und eine Änderung des NO_x -Beladungszustandes ausgewählter Katalysatorzellen berechnet wird;
- (c) in Abhängigkeit von der NO_x -Speicherfähigkeit, der Änderung des NO_x -Beladungszustandes und einer räumlichen Lage der ausgewählten Katalysatorzellen sowie der kumulierten NO_x -Rohemission eine kumulierte NO_x -Emission stromab des Speicherkatalysators (12) berechnet wird;
- (d) ein Schwellenwert (S_2) für die kumulierte NO_x -Emission vorgegeben wird und
- (e) beim Überschreiten des Schwellenwertes (S_2) der Regenerationsbetrieb der Verbrennungskraftmaschine (16) eingestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Überschreiten der Zellentemperatur in wenigstens einer Katalysatorzelle über eine Mindestentschwefelungstemperatur ein Entschwefelung eingeleitet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Entschwefelung in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Schwellenwert (S_3) für den SO_x -Beladungszustand initiiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekenn-

zeichnet, daß eine Dauer einer Aufheizphase zum Erreichen der Mindestentschwefelungstemperatur in weiter stromab gelegenen Katalysatorzellen in Abhängigkeit von der Zellentemperatur weiter stromab gelegener Katalysatorzellen bestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrix zur Aufteilung des Speicherkatalysators (12) in die Katalysatorzellen anhand eines Speicherkatalysatormodells für eine räumliche Erstreckung, einen Temperaturverlauf, einen Verlauf einer Regenerationsgeschwindigkeit, einen Verlauf der NO_x -Speicherfähigkeit, einen Verlauf des NO_x -, SO_x - oder O_2 -Beladungszustandes oder einer Kombination derselben festgelegt wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

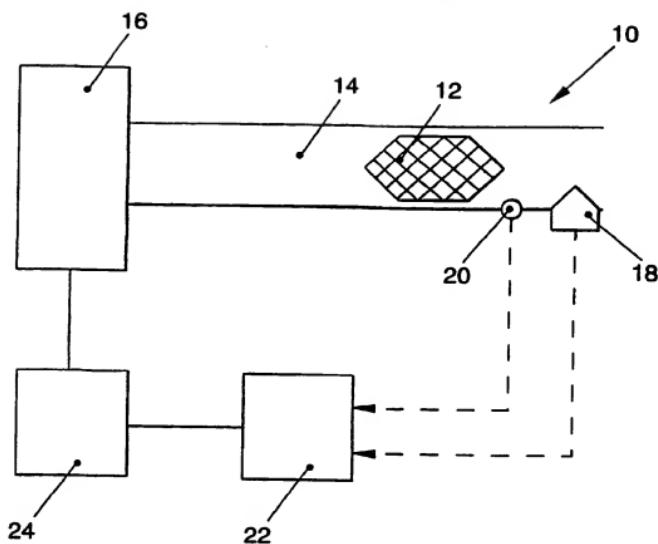
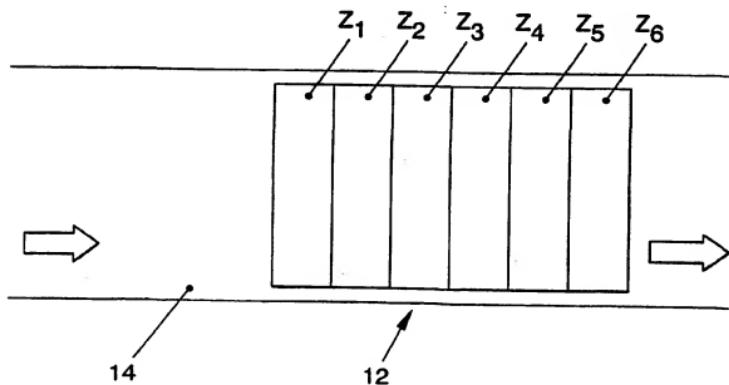


FIG. 1



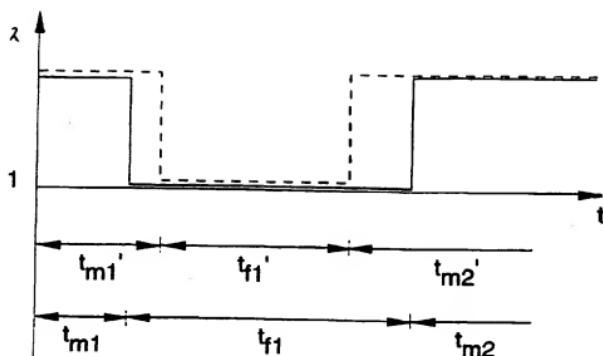


FIG. 3

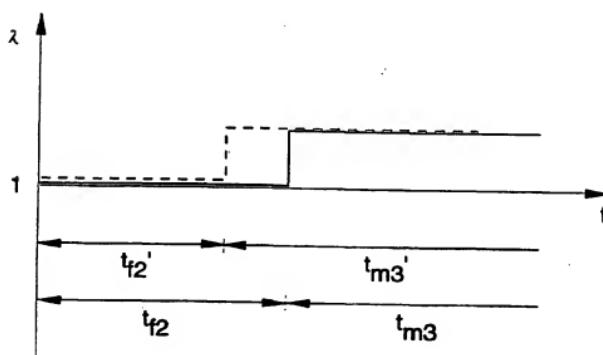


FIG. 4

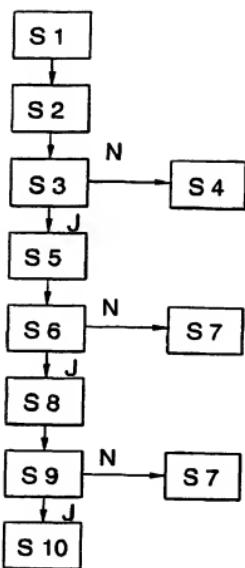


FIG. 5

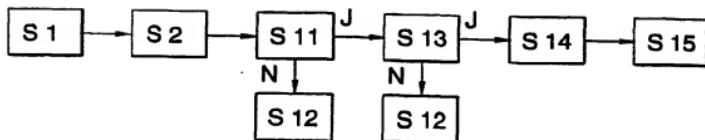


FIG. 6